

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift
⑩ DE 195 24 490 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 23 K 9/20

②1 Aktenzeichen: 195 24 490.7
②2 Anmeldetag: 5. 7. 95
④3 Offenlegungstag: 9. 1. 97

DE 195 24 490 A 1

⑦1 Anmelder:

Emhart Inc., Newark, Del., US

⑦4 Vertreter:

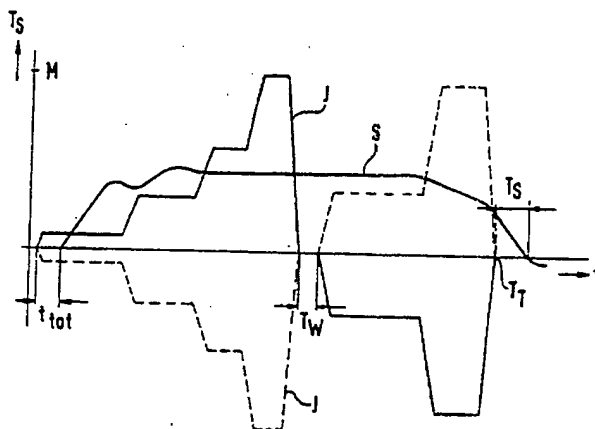
Bardehle, Pagenberg, Dost, Altenburg, Frohwitter,
Geissler & Partner Patent- und Rechtsanwälte, 40474
Düsseldorf

⑦2 Erfinder:

Hoffmann, Jörg, 35390 Gießen, DE; Kurz, Roland,
35440 Großen-Linden, DE; Schmitt, Klaus Gisbert,
Dr., 35390 Gießen, DE

⑤4 Verfahren zum Verschweißen von Schweißbolzen mit einem Werkstück

⑤7 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Verschweißen von Schweißbolzen mit einem Werkstück, insbesondere jeweils aus Aluminium, nach dem Hubzündungsverfahren, bei dem Hubhöhe (s) des Schweißbolzens (1) in Abhängigkeit von der gemessenen Lichtbogenspannung und gegebenenfalls von der Lichtbogenbrennzeit verändert wird. Insbesondere kann die Hubhöhe (s) des Bolzens (1) beim Auftreten von Kurzschlüssen, d. h. bei plötzlichem Abfall der Lichtbogenspannung, vergrößert werden, vorzugsweise in vorgegebenen Schritten. Der Schweißbolzen wird nach einer vorgegebenen Zeitspanne zwischen 5 und 10 ms nach dem Abschalten des Schweißstromes in ein Schmelzbad eingetaucht. Während des Schweißvorganges wird die Polarität des Bolzens bzw. des Werkstückes wenigstens einmal gewechselt. Hierzu wird der Schweißstrom für eine vorgegebene Zeitspanne unterbrochen. Das Verfahren führt zu v. r. besserer und gut reproduzierbarer Schweißqualität.



DE 195 24 490 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Verschweißen von Schweißbolzen mit einem Werkstück nach dem Hubzündungsverfahren.

Das Hubzündungsverfahren ist ein Lichtbogen-Bolzenschweißverfahren zum Schweißen von stiftförmigen metallischen Teilen auf Bleche und/oder Rohre. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der geringen Schweißzeit, welche nur Bruchteile von Sekunden beträgt. Hierdurch ist ein wirtschaftliches Verfahren geschaffen worden, welches in zahlreichen Gebieten angewendet wird. Bei zahlreichen Schweißaufgaben ist es notwendig, eine hohe reproduzierbare Güte der Schweißung sicherzustellen. Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit dem hohen Automatisierungsgrad des Verfahrens von Bedeutung.

Bei dem Hubzündungsverfahren wird der Bolzen an das Werkstück angelegt und unter Bildung eines Lichtbogens zwischen dem Bolzen und dem Werkstück von letzterem abgehoben. Nach Erzeugung von Schmelzzonen am Bolzen und am Werkstück wird der Bolzen unter Löschung des Lichtbogens an das Werkstück erneut herangeführt, in das Schweißbad eingetaucht, an das Blech angedrückt und bis zur Erstarren der Schmelze in seiner Lage gehalten. Dieser ganze Vorgang findet im Millisekunden-Bereich statt.

Für die Erzeugung von Schmelzzonen am Bolzen und am Werkstück ist die Hubhöhe neben Stromstärke, Schweißzeit und Lichtbogenspannung eine der wichtigsten Größen, die für die Güte der Schweißung entscheidend sein kann. Durch das Forschungsvorhaben Nr. AIF 4567 an der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt München, welches sich auf eine Untersuchung zur Verringerung der Fehleranfälligkeit beim Bolzenschweißen mit Hubzündung bezog, ist herausgefunden worden, daß bei korrekter Einstellung des Hubes eine sehr günstige Anschmelzung zu erreichen ist. Die Hubhöhe wird dabei auf einen konstanten Wert eingestellt, wobei die optimale konstante Hubhöhe abhängig von der Geometrie des Schweißbolzens ist.

In der Praxis ist das Schweißergebnis nicht nur abhängig von der Hubhöhe, sondern auch von den während der Schweißung auftretenden Störungen, wie z. B. Kurzschlüssen, die durch Tropfenbildung aufgrund des Übergangs des Werkstoffes in seinen geschmolzenen Zustand entstehen. Die Tropfengröße ist abhängig von der Stromstärke und der Hubhöhe. Aufgrund statistischer Schwankungen der Tropfen verursachen diese gelegentlich Kurzschlüsse.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Schweißverfahren, welches nach dem Hubzündungsverfahren arbeitet, anzugeben, durch welches ein verbessertes, reproduzierbares Schweißergebnis erzielbar ist, insbesondere durch Vermeidung und/oder Ausgleich von Kurzschlüssen.

Erfindungsgemäß wird dieses Ziel durch ein Verfahren zum Verschweißen von Schweißbolzen mit einem Werkstück, insbesondere von Aluminiumschweißbolzen mit einem Werkstück aus Aluminium, nach dem Hubzündungsverfahren erreicht, bei dem die Hubhöhe des Schweißbolzens in Abhängigkeit von der gemessenen Lichtbogenspannung verändert wird. Es hat sich herausgestellt, daß eine Veränderung der Hubhöhe in Abhängigkeit von der Lichtbogenspannung das Schweißergebnis positiv beeinflusst. Die Hubhöhe wird dabei unmittelbar in Abhängigkeit von der Lichtbogenspannung verändert. Der Vorgang als solcher läuft in Echtzeit

während der zugehörigen Schweißung ab. Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders geeignet zum Ausgleich von eventuellen Schwankungen der Lichtbogenspannung bei metallischen Werkstoffen, in denen z. B. der Kohlenstoffgehalt schwanken kann. Besonders ist das angegebene Verfahren geeignet zum Verschweißen von Aluminiumbolzen mit einem Werkstück aus Aluminium.

Die Lichtbogenspannung gibt indirekt den Verlauf des Schweißvorganges wieder. So ist es zweckmäßig, die Hubhöhe des Bolzens beim Auftreten von Kurzschlüssen, d. h. beim plötzlichen Abfall der Lichtbogenspannung zu vergrößern, um so die Neigung zu nachfolgenden Kurzschlüssen im laufenden Schweißvorgang zu verringern oder zu eliminieren.

Durch eine Vergrößerung der Hubhöhe wird auch der Lichtbogen länger. Dies geschieht in kleinen vorgegebenen Schritten, bis keine Kurzschlüsse mehr auftreten. Die Veränderung der Hubhöhe in vorgegebenen Schritten kann auch zur Verringerung der Hubhöhe herangezogen werden. Vorteil ist hier; daß eine unerwünschte Lichtbogenspannungserhöhung z. B. durch den Abbrand des Bolzens ausgeglichen werden kann. Vorzugsweise liegt die Schrittweite zwischen 0,1 und 0,8 mm, insbesondere zwischen 0,2 und 0,5 mm.

Gemäß einem weiteren vorteilhaften Gedanken wird vorgeschlagen, die Hubhöhe so zu verändern, daß die Lichtbogenspannung nahezu konstant gehalten wird. Hierdurch lassen sich sonst auftretende Schwankungen der Lichtbogenspannung, die z. B. von unterschiedlichen Legierungen im Bolzen herrühren, kompensieren und somit bessere Schweißergebnisse erzielen.

Beim Hubzündungsverfahren können während des Schweißvorganges Kurzschlüsse auftreten. Während eines Kurzschlusses ist der Schweißstromkreis kurzgeschlossen und die Schweißspannung fällt stark ab. Der kurzgeschlossene Schweißstromkreis führt dazu, daß kein Lichtbogen existiert und die wirksame Lichtbogenbrennzeit somit verkürzt wird. Es wird daher vorgeschlagen, die nötige Schweißenergie für den Schweißvorgang sicherzustellen, indem insbesondere festgestellte Kurzschlußzeiten die vorgegebene Schweißzeit entsprechend verlängern, wobei darüber hinaus die aus dem Kurzschluß resultierenden Wärmeverluste durch eine zur Kurzschlußzeit überproportionale Verlängerung der Schweißzeit ausgeglichen werden können. Durch diese Maßnahme wird zwar die Gesamtprozeßdauer vergrößert; es wird jedoch sichergestellt, daß die nötige Schweißzeit, d. h. die Zeit während der ein Lichtbogen existent ist, erreicht wird und somit eine hinreichende Menge Schweißenergie und Wärme eingebracht wird. Alternativ oder in Kombination dazu kann auch der Schweißstrom zum Ausgleich von Kurzschlußzeiten vergrößert werden, dies allerdings nur begrenzt, da z. B. beim Werkstoff Aluminium zu hohe Schweißströme zur Überhitzung des Schweißbades führen.

Zweckmäßigerweise wird die Schweißenergie während des Schweißvorganges entsprechend einer von der Schweißzeit abhängigen Sollwertkurve eingebracht. Dies hat den Vorteil, daß reproduzierbare Schweißverbindungen geschaffen werden können.

Der Schweißvorgang als solcher verläuft innerhalb einer sehr kurzen Zeitspanne. Die Ansteuerung von z. B. einem Stellantrieb, durch den die Hubhöhe des Bolzens verändert wird, muß daher relativ schnell eingeleitet und genau eingestellt werden. Als Startpunkt der Zeitmessung der Schweißzeit wird daher vorteilhafterweise der Punkt genommen, an dem die Lichtbogenspannung

entsteht. Hierdurch wird eine Unabhängigkeit der Schweißzeit von möglichen Totzeiten der Mechanik erreicht. Problematisch bei dem Hubzündungsverfahren ist der Eintauchvorgang des Bolzens in die Schmelze. Bei einem raschen Eintauchen des Bolzens in die Schmelze spritzt diese weg, wodurch eine unbefriedigende Schweißverbindung hergestellt wird. Es sind Maßnahmen vorgeschlagen worden, um das Schweißergebnis zu verbessern, wie dies z. B. in der DE 32 15 453 A1 beschrieben ist. Sie alle zielen auf eine Überwachung und genaue Einhaltung der vorgegebenen Parameter durch regelungstechnische Maßnahmen, ohne dabei die von Schweißung zu Schweißung sich ändernden negativen Einflüsse zu berücksichtigen.

Gemäß einem weiteren vorteilhaften Gedanken wird vorgeschlagen, den Schweißbolzen erst dann in die Schmelze einzutauchen, wenn der Schweißstrom abgeschaltet worden ist. Diese Maßnahme ist insbesondere beim Verschweißen von Aluminiumschweißbolzen mit einem Werkstück aus Aluminium von Vorteil, da hierdurch der Aluminiumschweißbolzen in ein teigiges und nicht in ein wäßriges Schmelzbad eintaucht. Eine Spritzerbildung wird hierdurch stark reduziert. Das Abschalten des Schweißstromes vor dem Eintauchen des Schweißbolzens in die Schmelze hat auch den Vorteil, daß die Durchdringung des Werkstückes bzw. Bolzens auf das gewünschte Maß begrenzt wird, da im Gegensatz z. B. zu ferretischen Werkstoffen der Lichtbogen bei Aluminium beim Eintauchen nicht immer sofort erlöscht.

Vorzugsweise erfolgt der Eintauchvorgang des Schweißbolzens innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne nach dem Abschalten des Schweißstromes. Der Eintauchvorgang sollte innerhalb von 20 ms, insbesondere innerhalb von 5 bis 10 ms, nach dem Abschalten des Schweißstromes erfolgen, um dem dünnflüssigen Schmelzbad Zeit zum Teigigwerden zu geben. Dies hat den Vorteil, daß eine klar definierte, konstante und reproduzierbare Schweißzeit vorgegeben und eingehalten werden kann, die Maßnahmen zur Schweißzeitüberwachung überflüssig macht.

Es hat sich herausgestellt, daß insbesondere bei Aluminium der Lichtbogen an der positiven Elektrode sehr stark eingeschnürt wird. Ist der Bolzen anodisch geschaltet, so sind, um eine Anschmelzfläche in der gleichen Größe, wie die Kopffläche des Bolzens zu erzielen, hohe Ströme nötig. Hohe Ströme führen jedoch unter Umständen zu einer Überhitzung, die ihrerseits zu einer Explosion der Fügezone und damit zum Versagen des Schweißprozesses führen kann. Dieser Nachteil kann dadurch behoben werden, daß die Polarität des Bolzens bzw. des Werkstückes wenigstens einmal während des Schweißvorganges gewechselt wird. Desweiteren wird durch den Polaritätswechsel eine gleichmäßige flache Aufschmelzung des Werkstückes und des Bolzens erreicht und ein beidseitiges Aufbrechen der Oxidhäute vereinfacht.

Zum einfachen Wechsel der Polarität wird vorgeschlagen, den Schweißstrom für eine vorgegebene Zeitspanne auf einen Minimalwert zu reduzieren oder ganz abzuschalten. Die Reduzierung des Schweißstromes hat den Vorteil, daß der Lichtbogen erhalten bleibt während des Polaritätswechsels. Es kann auch zweckmäßig sein, den Schweißstrom für einige Millisekunden zu unterbrechen ohne das Hilfsmittel zum Wiederzünden des Lichtbogens nötig sind. Die Umpolung in einem kurzen Abschaltintervall läßt die Verwendung kostengünstiger Bauteile (Thyristoren) zu, während ohne Abschaltung

beim Polaritätswechsel von einem hohen Stromniveau unterschiedlicher Größe eine aufwendigere Elektronik erforderlich ist.

Während des Schweißvorgangs können Überhitzungsprobleme entstehen. Um diese zu vermeiden, wird gemäß einem weiteren vorteilhaften Gedanken vorgeschlagen, den Schweißstrom kontinuierlich oder stufenförmig zu steigern. Vorzugsweise erreicht der Schweißstrom seinen maximalen Wert kurz vor dem Abschalten des Schweißstromes. Bei dem Schweißstrom muß berücksichtigt werden, daß dieser um so kürzer auf seinem hohen Niveau beibehalten werden darf, je höher der Schweißstrom ist. Bevorzugt wird der Schweißstrom in mindestens zwei, insbesondere drei Stufen gesteigert. Für den Fall, daß der Schweißstrom während der Schweißung abgeschaltet und umgepolt wird, kann eine etwas komplexere Stufenform vorteilhaft sein, bei der kurz vor dem Umpolen bereits eine sehr hohe Stromstärke vorgegeben wird, und nach dem Umpolen in zwei oder mehr Stufen wieder auf maximale Stromstärke geschaltet wird.

Bevorzugt wird ein Verfahren zum Verschweißen von Schweißbolzen mit einem Werkstück, insbesondere Aluminiumschweißbolzen mit einem Werkstück aus Aluminium, nach dem Hubzündungsverfahren mittels eines Lichtbogen-Schweißgerätes, daß eine bewegliche Bolzenhalterung und einen Stellantrieb mit einer Wegmeßeinrichtung, eine Schwachstromquelle, die mit der Bolzenhalterung und einem Werkstück elektrisch verbunden ist, und einer Steuerung zur Ansteuerung des Stellantriebs und der Schweißstromstelle umfaßt, durchgeführt, bei dem eine Meßeinrichtung die Lichtbogen-spannung mißt und ein der Lichtbogen-spannung entsprechendes Signal an einen ersten Komparator; der dieses Signal mit einem vorgegebenen Schwellwert vergleicht und beim Überschreiten des Schwellwertes eine Schweißzeitmessung auslöst, sowie die Steuerung aktiviert, durch die ein Eintauchvorgang des Schweißbolzens erst dann erfolgt, wenn der Schweißstrom nach einer vorgegebenen Schweißzeit, abgeschaltet worden ist, und an einen zweiten Komparator abgibt, der den Stellantrieb ansteuert und den Hub des Schweißbolzens entsprechend verändert.

Weitere Vorteile und Merkmale des Verfahrens zum Verschweißen eines Bolzens mit einem Werkstück nach dem Hubzündungsverfahren werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen

Fig. 1 schematisch ein Diagramm des Schweißstromes und der Hubhöhe in Abhängigkeit von der Zeit und

Fig. 2 schematisch ein Werkstück und einen Bolzen bei Polaritätswechsel, und

Fig. 3 schematisch den Schaltungsaufbau eines Lichtbogen-Schweißgerätes.

In der Fig. 1 ist der Verlauf des Schweißstromes I über der Zeit t dargestellt. Wie aus dem Stromverlauf ersichtlich ist, nimmt die Stromstärke treppenförmig bis zu ihrem Maximum M zu. Nach einer vorgegebenen Zeitspanne, innerhalb der der Schweißstrom eingeschaltet ist, erfolgt ein Polaritätswechsel des Schweißbolzens bzw. des Werkstückes. Zum Wechsel der Polarität des Schweißstromes I wird dieser für eine vorgegebene Zeitspanne T_w abgeschaltet.

Gestrichelt ist eine Stromführung über die Zeit dargestellt, wenn die Ausgangspolarität umgekehrt zu der Stromführung, welche durch die durchgezogene Linie dargestellt ist, verändert ist.

Während des Schweißvorganges ändert sich die Hubhöhe s in Abhängigkeit von der Zeit. Mit dem Einschalt-

ten des Schweißstromes entsteht eine gewisse Totzeit T_{Tot} bis der Bolzen 1 vom Werkstück 2 um einen relevanten Wert s abgehoben worden ist. Mit steigendem Strom nimmt auch der Abstand des Bolzens 1 von dem Werkstück 2 zu. Gegen Ende des Schweißvorganges nimmt die Hubhöhe ab bis der Eintauchvorgang zum Zeitpunkt T_T eingeleitet wird. Zum Zeitpunkt des Eintauchens ist der Schweißstrom I abgeschaltet. Zwischen dem Eintauchen des Bolzens in die Schmelze 3 ist eine Zeitspanne T_s vergangen, die vorgegeben ist.

In den Fig. 2a, 2b ist schematisch der Einfluß der Polarität auf die Ausbildung des Schmelzbades dargestellt. Bei Aluminium wird der Lichtbogen 4 an der positiven Elektrode, welche in der Fig. 2a das Werkstück bildet, sehr stark eingeschnürt. Die Rußbildung erfolgt ebenfalls an der Anode. Durch einen Polaritätswechsel, wodurch das Werkstück kathodisch und der Bolzen 1 anodisch wird, wird eine Vergrößerung des Schmelzbades 3 erreicht. Der Ruß 5 bildet sich nun am Bolzen 1.

Fig. 3 zeigt schematisch den Schaltungsaufbau eines Lichtbogen-Schweißgerätes. Das Schweißgerät 6 weist einen Linearantrieb 8, der mit einem Bolzenhalter 7 verbunden ist, auf. In dem Bolzenhalter 7 ist ein Bolzen 1 gehalten, welcher an einem Werkstück 2 anliegt. Im Schweißgerät 6 ist ferner zwischen dem Linearantrieb 8 und dem Bolzenhalter 7 eine Wegmeßeinrichtung 12 angeordnet. Die Wegmeßeinrichtung 12 ist über elektrische Leitungen 13, 14 mit einer Folgesteuerung 9 verbunden. Durch die Folgesteuerung 9 wird auch der Linearantrieb 8 über die elektrische Leitungen angesprochen.

Der Linearmotor 8, die Folgesteuerung 9 und die Wegmeßeinrichtung 12 sind zur entsprechenden Höheneinstellung des Bolzens 1 vorgesehen.

Die Folgesteuerung 9 ist über einen Analogdigitalwandler 15 elektrisch mit einem Mikroprozessor 16 verbunden.

Während der Schweißoperation wird über die Leitungen 17, 18 ein Schweißstrom vom Schalt-Netzteil 19 zum Bolzen 1 und Werkstück 2 geleitet. Das Schalt-Netzteil bildet eine geregelte Schweißstromquelle. Das Schalt-Netzteil 19 ist über eine Leitung 20 mit dem Mikroprozessor 16 verbunden. Das digitale Ausgangssignal des Mikroprozessors 16 wird in dem in der Leitung 20 angeordneten Analogdigitalwandler 21 in ein analoges Signal umgewandelt und in das Schalt-Netzteil eingespeist. Bei dem Schalt-Netzteil 19 kann es sich um ein Hochfrequenz-Schalt-Netzteil handeln.

Zum Polaritätswechsel des Schweißstromes ist in den Leitungen 19, 18 zwischen dem Bolzen 1 und dem Werkstück 2 eine aus Thyristoren aufgebaute H-Brücke 22 angeordnet. Die Brücke 22 ist ebenfalls mit dem Mikroprozessor 16 verbunden.

Der Sollwertkomparator 23 ist über einen Analog/Digitalwandler 24 mit dem programmierbaren Mikroprozessor 16 verbunden, der ein entsprechendes Steuersignal in Abhängigkeit von der Lichtbogenspannung an die Folgesteuerung 9 abgibt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verschweißen von Schweißbolzen mit einem Werkstück nach dem Hubzündungsverfahren, bei dem die Hubhöhe (S) des Schweißbolzens (1) in Abhängigkeit von der gemessenen Lichtbogenspannung und gegebenenfalls von der Lichtbogenbrennzeit verändert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Hubhö-

he (s) des Bolzens (1) beim Auftreten von Kurzschlüssen, d. h. bei plötzlichem Abfall der Lichtbogenspannung, vergrößert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hubhöhe (s) in vorgegebenen Schritten verändert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Hubhöhe (s) in Schritten zwischen 0,1 und 0,8 mm verändert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Lichtbogenspannung durch Änderung der Hubhöhe auf einen vorgegebenen Wert eingestellt, insbesondere nahezu konstant gehalten wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die nötige Gesamtschweißenergie trotz des Auftretens von Kurzschlüssen sichergestellt wird, indem die Schweißzeit um mehr als die Dauer der Kurzschlüsse verlängert wird, insbesondere um soviel mehr; daß die Abkühlung während der Kurzschlüsse ausgeglichen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Schweißenergie entsprechend einer von der Schweißzeit (t) abhängigen Sollwertkurve eingebracht wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Zeitmessung der Schweißzeit (t) mit dem Anstieg der Lichtbogenspannung beginnt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem der Schweißbolzen (1) erst dann in eine Schmelze (3) getaucht wird, wenn der Schweißstrom (I) abgeschaltet worden ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Schweißbolzen nach einer vorgegebenen Zeitspanne, vorzugsweise 5–10 ms, nach dem Abschalten des Schweißstromes (I) in die Schmelze (3) eingetaucht wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, bei dem die Polarität des Bolzens (1) bzw. des Werkstückes (2) wenigstens einmal während der Schweißung gewechselt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem zum Wechsel der Polarität der Schweißstrom (I) für eine vorgegebene Zeitspanne (T_w) auf einen Minimalwert reduziert oder unterbrochen wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Schweißstrom (I) kontinuierlich oder stufenförmig zunimmt und sein Maximum (M) beim endgültigen Abschalten hat.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Schweißstrom in mindestens zwei, vorzugsweise drei Stufen zunimmt.

15. Verfahren zum Verschweißen von Schweißbolzen mit einem Werkstück, insbesondere Aluminiumschweißbolzen mit einem Werkstück aus Aluminium, nach dem Hubzündungsverfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 14, mittels eines Lichtbogen-Schweißgerätes, das eine bewegliche Bolzenhalterung mit einem Stellantrieb mit einer Wegmeßeinrichtung, eine Schweißstromquelle (6), die mit der Bolzenhalterung und einem Werkstück (2) elektrisch verbunden ist, und eine Steuerung zur Ansteuerung des Stellantriebs und der Schweißstromquelle (6) umfaßt, wobei eine Meßeinrichtung, die Lichtbogenspannung mißt und hieraus über einen Komparator ein Signal zur Auslösung der Schweißzeitmessung hergeleitet wird, und der Lichtbogenspannungsverlauf zusammen mit dem von der Wegmeßeinrichtung gemessenen

Verlauf der Bolzenbewegung der Steuerung zur Verfügung gestellt wird, um die Hubhöhe über die Lichtbogenspannung zu steuern.

16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem ein Eintauchvorgang des Schweißbolzens (1) erst dann erfolgt, wenn der Schweißstrom (I) nach einer vorgegebenen Schweißzeit (T), abgeschaltet worden ist. 5

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

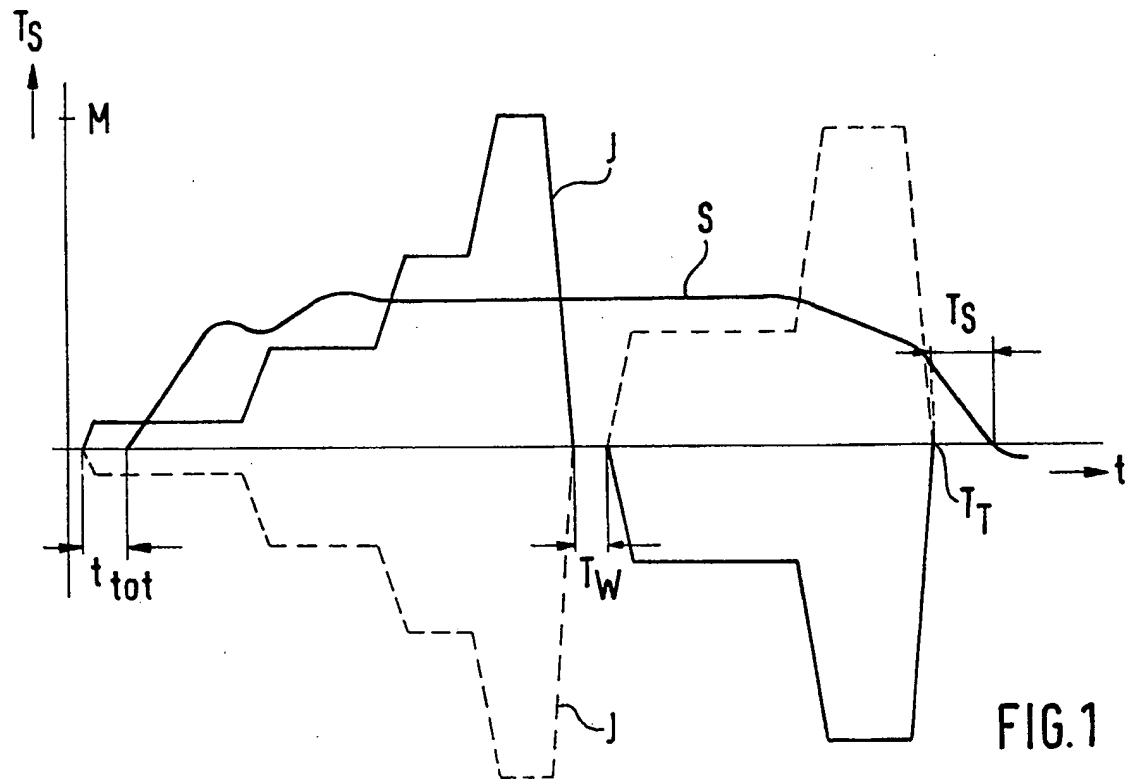


FIG. 1

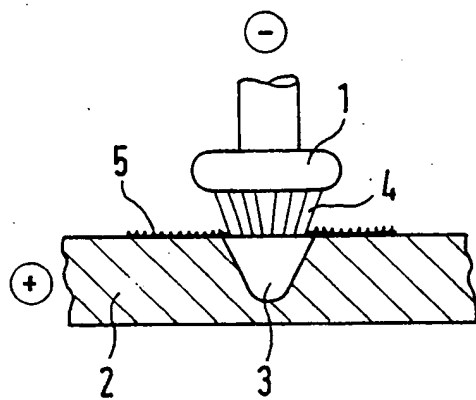


FIG. 2a

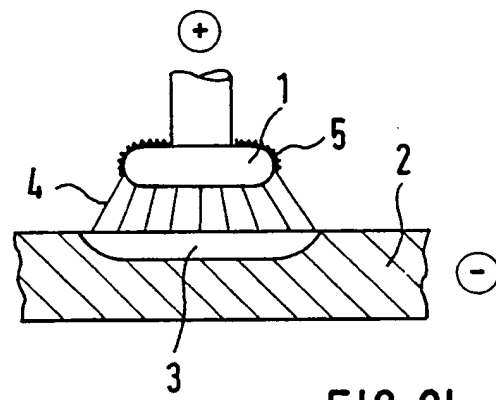


FIG. 2b

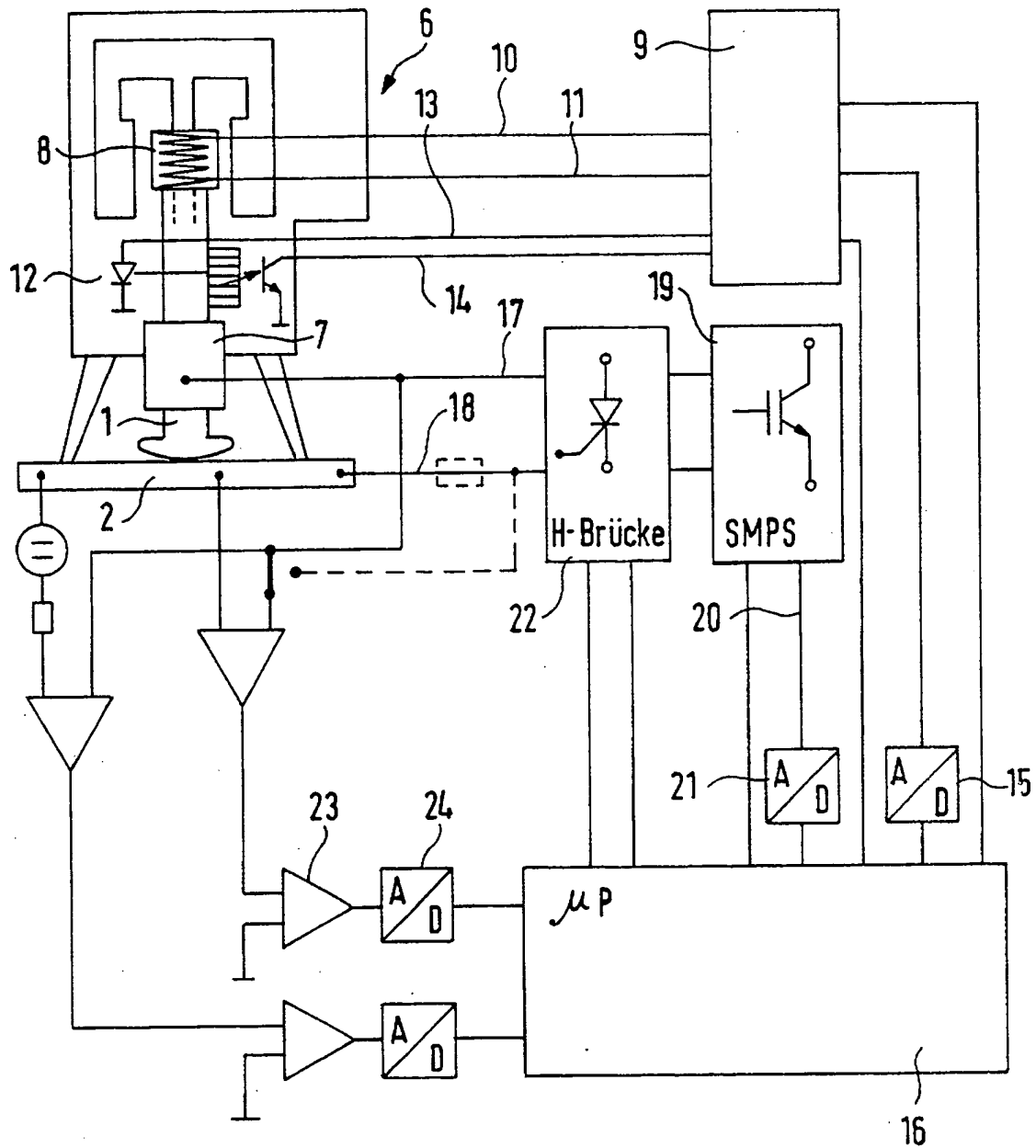


FIG. 3